

УДК 621.313

СИСТЕМА ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗІ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ЗА ОЦІНКОЮ ДИНАМІЧНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА

Толочко О.І., докт. техн. наук, проф.; Чекавський Г.С., к.т.н., доц.;
Бондаренко О.О., магістрантка
Донецький національний технічний університет

Виконаний синтез спостерігача стану для оцінки сигналу динамічного моменту асинхронного двигуна. Досліджені процеси у системі керування зі зворотним зв'язком за оцінкою динамічного моменту.

Synthesis of state observer for asynchronous motor's dynamic torque evaluating has been realized. Processes in the system with feedback by dynamic torque evaluation have been investigated.

Постановка проблеми та її зв'язок з прикладними задачами.

Системи векторного керування (СВК) асинхронним електроприводом (ЕП) характеризуються високими статичними і динамічними показниками роботи. Традиційна структура СВК полягає в організації двох каналів регулювання (потокорегулювання і швидкості) шляхом організації в кожному з них двоконтурних систем підпорядкованого регулювання [1]. Звичайним рішенням проблеми забезпечення астатизму СВК за навантаженням є заміна пропорційного (П-РШ) пропорційно-інтегральним (ПІ-РШ). Цей спосіб пов'язаний з підвищенням порядку системи, призводить до погіршення її динамічних властивостей. Замість пов'язане в загальному випадку із помітним погіршенням її динамічних властивостей.

Оскільки підвищення жорсткості статичних характеристик ЕП сприяє підвищенню продуктивності виконавчих механізмів, а від якості перехідних процесів часто залежить якість продукції, що випускається, то задача вдосконалення СВК асинхронним ЕП в напрямку поліпшення її динамічних характеристик є актуальною.

Нульовий статизм СВК за навантаженням без підвищення її порядку можна забезпечити в системі з ПІ-РШ при замиканні внутрішнього контуру не за моментоутворюючою складовою i_{sq} струму статора двигуна, а за його динамічним моментом M_j . Оскільки безпосереднє вимірювання M_j у промислових ЕП не застосовують, то для оцінювання цього сигналу доцільно використати спостерігачі стану.

Аналіз досліджень і публікацій. Спостерігачі стану (СС), запропоновані у [2], оцінюють динамічний момент двигуна постійного струму зі статичною похибкою при накиданні навантаження. СС, що побудовані із застосуванням ідеї адаптації до дії на об'єкт регулювання невимірного збурення [3], мають додатковий інтегратор у каналі оцінювання статичного моменту, що збільшує інерційність СС. Ідея оцінювання M_j без усталеної похибки за допомогою СС без додаткового інтегратора запропонована для ЕП постійного струму [4].

Постановка задачі. Задачею даної роботи є синтез СС, який оцінює динамічний момент M_j асинхронного двигуна (АД) у складі СВК з орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора $\vec{\Psi}_R$, та дослідження динамічних властивостей СВК, замкненої за оцінкою динамічного моменту \hat{M}_j .

Основний матеріал та результати досліджень. Структурна схема СС першого порядку, побудованого із застосуванням ідей, викладених у [4, 5], при урахуванні особливостей формування електромагнітного моменту в СВК з орієнтацією за вектором $\vec{\Psi}_R$, наведена на рис.1, де позначено: $K_R = L_m/L_R$ – коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора; L_m , L_R – взаємоіндуктивність та повна індуктивність ротора відповідно; z_p – кількість пар полюсів статора; J – сумарний момент інерції системи ЕП, приведений до валу АД.

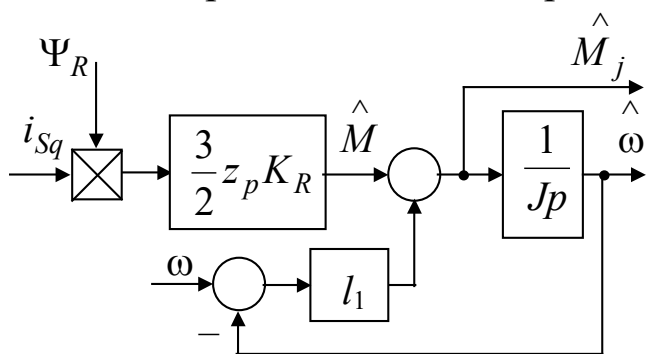


Рисунок 1 – Спостерігач стану

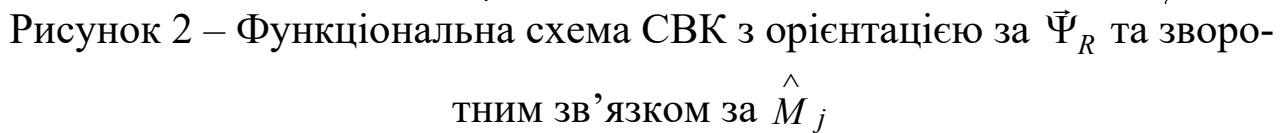
Коригувальний зворотний зв'язок організовано за різницею виміряної ω і оціненої $\hat{\omega}$ швидкостей. Характеристичний поліном такого СС має вигляд:

$$G(p) = p + l_1/J,$$

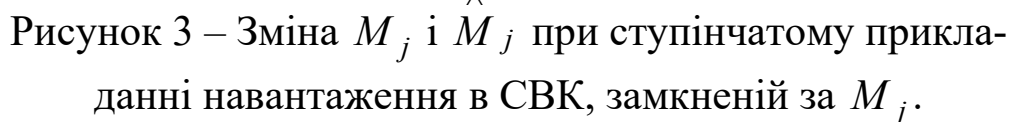
звідки значення коригувального коефіцієнту є $l_1 = J\Omega_0$, де Ω_0 –

частота пропускання СС, що визначає його швидкодію.

Функціональна схема СВК зі зворотним зв'язком за оцінкою динамічного моменту АД наведена на рис.2, де позначено: ПК – перетворювачі координат; ІПР – ідентифікатор $\vec{\Psi}_R$; БК – блок компенсації; РШ, РП, РСd, РДМ – регулятори швидкості, потокозчеплення ротора, d-складової струму статора та M_j відповідно.



На рис.3 наведений перехідний процес зміни динамічного моменту АД і його оцінки, отриманої за допомогою СС (рис.1) при $\Omega_0 = 1/T_\mu$, в режимі накидання навантаження у СВК, замкнений за дійсним динамічним моментом (ідеалізований варіант). У якості досліджуваного брався двигун МТК-12-6 (3,5 кВт, 380 В, 9,6 А).



Таким чином, синтезований СС має асимптотичні властивості і може бути застосований для організації зворотного зв'язку за оцінкою \hat{M}_j .

На рис.4 приведені графіки, що дозволяють порівняти між собою процеси у синтезованій СВК зі зворотним зв'язком за \hat{M}_j (криві 3) з процесами у традиційній СВК з ПІ-РШ (криві 1) в режимі накидання навантаження. Аналіз отриманих залежностей показав, що в синтезованій СВК перехідні процеси за електромагнітним моментом (рис.4а) і швидкістю (рис.4б) при прийнятому значенні Ω_0 протікають майже удвічі швидше при практично однакових перерегулюваннях за моментом та суттєвому зменшенні динамічної похибки за швидкістю.

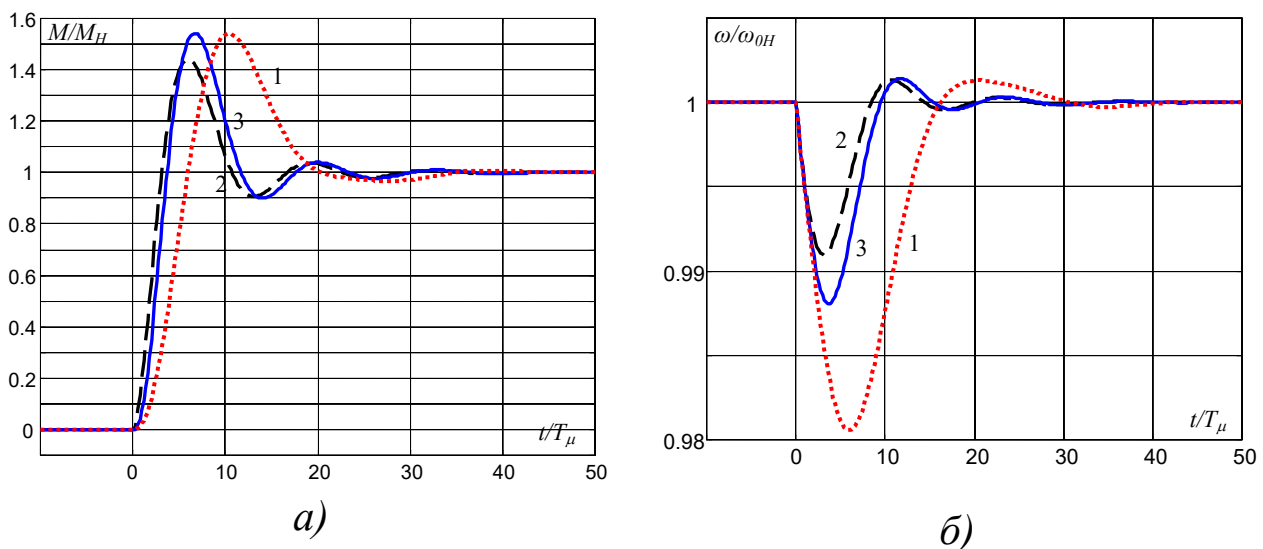


Рисунок 4 – Перехідні процеси в різних СВК: 1 – у традиційній СВК з ПІ-РШ; 2 – в СВК зі зворотним зв'язком за M_j (ідеалізований варіант); 3 – в СВК зі зворотним зв'язком за \hat{M}_j .

При $\Omega_0 \rightarrow \infty$ процеси у системі, замкненій за \hat{M}_j , наближуються до процесів в ідеалізованій системі, замкненій за динамічним моментом АД (криві 2 на рис.4), але сама СВК стає більш чутливою до перешкод.

Таким чином, запропонована СВК асинхронним ЕП зі зворотним зв'язком за \hat{M}_j забезпечує абсолютно жорсткі характеристики ЕП і має динамічні властивості, в загальному випадку кращі за аналогічні показники традиційної СВК з ПІ-РШ. Проведені додаткові дос-

лідження дозволяють стверджувати, що така СВК є працездатною і має добрі показники і при двозонному регулюванні швидкості АД.

За умови регулювання швидкості АД тільки у першій зоні ($\omega \leq \omega_{0H}$) блок перемноження в СС (рис.1) може бути замінений на пропорційну ланку з коефіцієнтом передачі $k = \Psi_{RC} = \Psi_{RH}$, що відповідає номінальному потоку АД. Така заміна не призводить до суттєвого погіршення властивостей системи.

Висновки і напрямки подальших досліджень.

1. Спроекована СВК зі зворотним зв'язком за оцінкою динамічного моменту АД забезпечує абсолютно жорсткі статичні механічні характеристики асинхронного ЕП. Вона є альтернативою до СВК з ПІ-РШ і може бути рекомендована до впровадження у системи ЕП промислових механізмів, які потребують зменшення динамічної просадки швидкості і часу встановлення швидкості.

2. Система зберігає просту структуру традиційних СВК, тому стосовно неї залишаються справедливими усі загальні положення щодо можливості застосування часткової компенсації внутрішніх перехресних зв'язків АД, застосування попереджувального управління тощо.

3. Система може застосовуватися як при однозонному, так і при двозонному регулюванні без зайвої зміни структури та параметрів СС.

Подальші дослідження в цьому напрямку мають бути зосереджені на питаннях практичної реалізації синтезованих СС і СВК в цілому та розробці рекомендацій щодо налагодження системи.

Література

1. W. Leonardo. Control of Electrical Drives. 2nd Ed. – Springer Verlag, 1997.
2. Акимов Л.В., Долбня В.Т., Колотило В.И. Системы управления электроприводами постоянного тока с наблюдателями состояния. – Харьков: ХГПУ, 1998. – 117 с.
3. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
4. Система подчиненного регулирования скорости с обратной связью по оценке динамического тока / Коцегуб П.Х., Толочко О.И., Мариничев В.Ю., Никорюк Н.С., Розкаряка П.И. // Збірник наукових праць ДонНТУ. Серія “Електротехніка і енергетика”. – Вип.28. – Донецьк: ДонНТУ, 2001. – С. 18 – 26.
5. Толочко О.І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану: Навч. посібник. – Донецьк: Норд-Прес, 2004. – 298 с.